

دراسة تلوالت نووية

إعداد الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
www.sites.google.com/site/faresfergani

المحتوى المفاهيمي : 03

استقرار الأنوية

النقص الكتلي و طاقة الربط

• طاقة الكتلة :

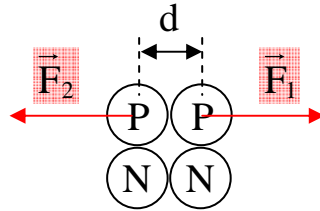
- في إطار النظرية النسبية اقترح أنشتاين في بداية القرن العشرين أن كل كتلة تكافئها طاقة تدعى طاقة الكتلة يعبر عنها بعلاقة تكافؤ كتلة- طاقة كما يلي :

$$E_0 = mc^2$$

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$: سرعة الضوء في الفراغ ، m : الكتلة (kg) ، E_0 : طاقة الكتلة (J)

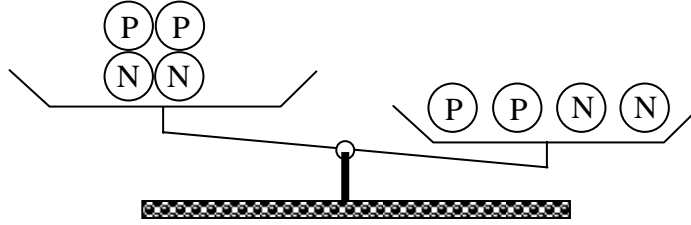
• طاقة الربط (طاقة التماسك) :

- تتكون النواة من بروتونات ذات الشحنة الموجبة و النيوترونات عديمة الشحنة ، هذا يعني أنه يوجد تنافر بين البروتونات داخل النواة .



و حسب قانون كولوم : $F_1 = F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{e^+ \cdot e^+}{d^2}$ ، حيث e^+ هي شحنة البروتون .

- من عبارة القوة حسب قانون كولوم ، نلاحظ أن القوة تتناسب عكسيا مع البعد بين البروتونين (البعد d في المقام) ، نستنتج أن قوى التنافر بين البروتونات في النواة كبيرة جدا ، رغم ذلك لا يحدث التنافر و النواة تبقى متماسكة ، و لكي تتغلب النواة على قوى التنافر تلزمها طاقة ، هذه الطاقة تسمى **طاقة الربط** يرمز لها بـ E_ℓ تقدر بالجول (J) - وجد أن كتلة النواة أقل من كتلة مكوناتها :



- هذا يعني أن هناك نقص في الكتلة ، يرمز له بـ Δm ، و يمثل الفرق بين كتلة النواة ${}^A_Z X$ و كتلة مكوناتها (البروتونات و النيوترونات) لذا نكتب :

$$\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m(X)$$

- حسب علاقة انشتاين النقص الكتلي Δm تكافئه طاقة الربط E_ℓ و نكتب :

$$E_\ell = \Delta m \cdot c^2$$

$$E_\ell = (Z m_p + (A - Z) m_n - m(X)) c^2$$

- حيث ، m_p : كتلة البروتون ، m_n : كتلة النيوترون ، A : العدد الكتلي ، Z : العدد الشحني ، c سرعة الضوء في الخلاء .
- طاقة الربط هي الطاقة اللازمة لتماسك النواة و تساوي الطاقة اللازمة لتفكك نواة ساكنة إلى نكليونات ساكنة و منعزلة .

• طاقة الربط لكل نكليون و استقرار الأنوية :

- لا يرتبط استقرار النواة بطاقة ربطها ، و إنما يرتبط بطاقة الربط لكل نكليون $\frac{E_\ell}{A}$ الذي يعبر عنه بالعلاقة :

$$\frac{E_\ell}{A} = (Z m_p + (A - Z) m_n - m(X)) \frac{c^2}{A}$$

- تعرف طاقة الربط لكل نكليون $\frac{E_\ell}{A}$ بأنها الطاقة اللازمة لنزع نكليون واحد من النواة .

- تكون النواة أكثر استقرار كلما كانت طاقة الربط لكل نكليون $\frac{E_\ell}{A}$ أكبر .

مثال :

الحديد ^{56}Fe أكثر استقرار من اليورانيوم ^{235}U رغم أن طاقة الربط لنواة اليورانيوم أكبر من طاقة الربط لنواة الحديد لكن : $\frac{E_\ell}{A} (^{56}\text{Fe}) > \frac{E_\ell}{A} (^{235}\text{U})$.

• وحدة الكتلة الذرية u والألكترون فولط eV :

- إن الكتل الفردية المستخدمة في التفاعلات النووية صغيرة جدا ، لذا يستخدم الفيزيائيون وحدة أخرى لقياس الكتلة تدعى وحدة الكتلة الذرية يرمز لها اختصارا ب (u) .

- وحدة الكتلة الذرية u هي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون 12 ، أي :

$$1u = \frac{1}{12} m_C = \frac{1}{12} \frac{M(C)}{N_A} = \frac{1}{12} \frac{12}{6.02 \cdot 10^{23}} = \frac{1}{6.02 \cdot 10^{23}} \approx 1.67 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

إذن :

$$1u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

- في السلم الذري توجد وحدة أخرى لقياس الطاقة تدعى الإلكترون فولط يرمز لها ب eV و نستعمل أيضا الميغا إلكترون فولط حيث :

$$\begin{aligned} 1\text{eV} &= 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ 1\text{MeV} &= 10^6 \text{ eV} \\ 1\text{MeV} &= 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J} \end{aligned}$$

ملاحظة :

يمكن حساب طاقة الكتلة التي تكافئ وحدة كتلة ذرية u كما يلي :

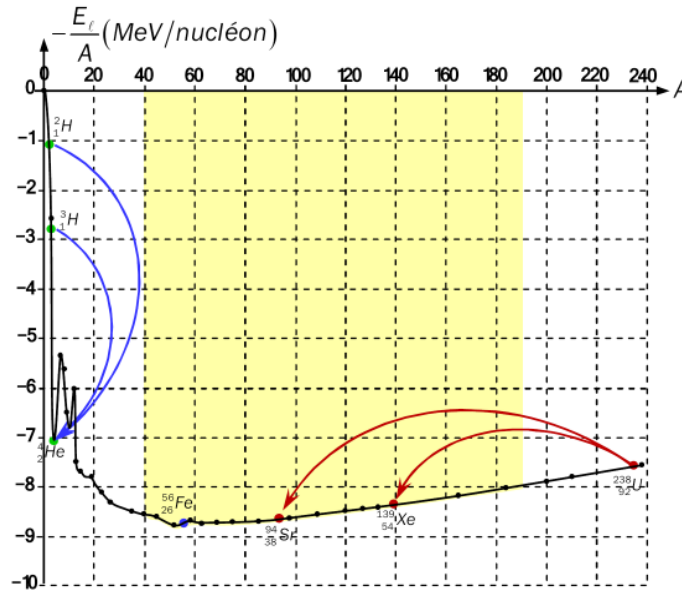
$$E = \frac{1.66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2}{1.6 \times 10^{-13}} \approx 931.5 \text{ MeV}$$

و نكتب أيضا :

$$1u \approx 931.5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

استقرار الأنوية**• منحني أستون (Aston) ومجالات استقرار الأنوية :**

- منحني أستون المبين في الشكل التالي هو منحني يعبر عن طاقة الربط لكل نكليون بالقيمة السالبة $(-\frac{E_\ell}{A})$ لنواة بدلالة عددها الكتلي A .



- منحنى أستون يتميز بثلاث مجالات :

- $A \leq 40$: يشمل أنوية غير مستقرة و خفيفة ، مثل الديترديوم ^2H و التريتيوم ^3H .
- $A \geq 190$: يشمل أنوية غير مستقرة و ثقيلة ، مثل الرصاص ^{208}Pb و اليورانيوم ^{235}U .
- $40 \leq A \leq 190$: يشمل أنوية مستقرة ، مثل النحاس 63 و الحديد 56 .

التمرين (1) : (التمرين : 009 في بنك التمارين على الموقع) (*)

1- عرف ما يلي :

أ- وحدة الكتلة الذرية .

ب- النقص الكتلي .

ج- طاقة الربط (التماسك) .

د- طاقة الربط لكل نكليون .

2- كتلة نواة أحد نظائر الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ تساوي : 238 . $m(^{226}_{88}\text{Ra}) = 225.97709\text{u}$.

أ- عين مكونات النواة الراديوم 226 (عدد البروتونات و عدد النوترونات) .

ب- أحسب كتلة مكونات هذه النواة (كتلة النكليونات) انطلاقا من كتل مكوناتها . ماذا تلاحظ .

ج- أحسب النقص الكتلي Δm في نواة الراديوم 226 مقدرًا ذلك بوحدة الكتلة الذرية (u) ثم بالكيلوغرام (kg) .

د- أحسب بالجول ثم بالميغا إلكترون فولط (MeV) طاقة الربط E_l لهذه النواة

هـ- أحسب بالميغا إلكترون فولط (MeV) طاقة الربط لكل نكليون $\frac{E_l}{A}$.

3- طاقة الربط لكل نكليون بالنسبة لنواة النيكل هي : $\frac{E_l(^6_3\text{Ni})}{A} = 8,75\text{Mev/nuc}$ ، قارن بين نواتي

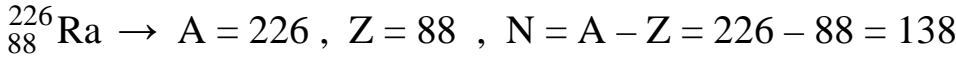
الراديوم ($^{226}_{88}\text{Ra}$) و النيكل (^6_3Ni) من حيث الاستقرار معللا إجابتك .

المعطيات : $1\text{MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13}\text{ J}$ ، $1\text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-27}\text{ Kg}$ ، $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$ ،

$m_p = 1.00728\text{ (u)}$ ، $m_n = 1.00866\text{ (u)}$

الأجوبة :**1- التعاريف :**

- وحدة الكتلة الذرية هي وحدة لقياس الكتلة تمثل $\frac{1}{12}$ من كتلة الكربون 12 .
 - النقص الكتلي هو الفرق بين كتلة النواة ساكنة و كتلة نكليوناتها ساكنة و منعزلة .
 - طاقة الربط هي الطاقة اللازمة لتفكيك نواة ساكنة إلى نكليوناتها ساكنة و منعزلة .
 - طاقة الربط لكل نكليون هي الطاقة اللازمة لنزع نكليون واحد من النواة .
- 2- أ- مكونات النواة :



- عدد البروتونات = $Z = 88$.
- عدد النيوترونات = $N = 138$.
- ب- كتلة مكونات النواة :

$$m = Zm_p + Nm_N$$

$$m = (88 \cdot 1.00728) + (138 \cdot 1.00866) = 227.83572 \text{ u}$$

نلاحظ أن $m < m({}^{226}\text{Ra})$ أي أن كتلة النواة أقل من مكوناتها (النكليونات) .

ج- النقص الكتلي Δm :

قيمهته :

$$\Delta m = m - m({}^{226}\text{Ra})$$

$$\Delta m = 227.83572 - 225.97709 = 1.85863 \text{ u} = 3.08533 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

د- طاقة الربط (التماسك) E_ℓ :

$$E_\ell = \Delta m c^2$$

$$E_\ell = 3.08533 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2.77680 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 1735.50 \text{ MeV}$$

هـ- طاقة الربط لكل نكليون (نوية) $\frac{E_\ell}{A}$:

$$\frac{E_\ell}{A} = \frac{1735.50}{226} = 7.68 \text{ MeV/nuc}$$

2- ترتيب النواتين ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ ، ${}_{3}^{6}\text{Ni}$ من حيث الاستقرار :

تكون النواة أكثر استقرارا كلما كانت طاقة الربط لكل نكليون أكبر ، و حيث أن :

$$\frac{E_\ell({}_{3}^{6}\text{Ni})}{A} = 8.75 \text{ MeV/nuc} , \frac{E_\ell({}_{88}^{226}\text{Ra})}{A} = 7.68 \text{ MeV/nuc}$$

الراديويم ${}_{88}^{226}\text{Ra}$.

**** الأستاذ : فرقاني فارس ****
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخراب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذا الملف و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ :

www.sites.google.com/site/faresfergani